農作物害蟲與害蟎生物防治研討會 台灣昆蟲特刊 3: 1-25 (2002)
Symposium on the Biological Control of Agricultural Insects and Mites Formosan Entomol., Spec. Pub. 3: 1-25 (2002)

台灣作物害蟲生物防治過去現在和未來

羅幹成

行政院農業委員會農業試驗所 台中縣霧峰鄉中正路 189 號

摘　要

本文在回顧近三十年來台灣農作害蟲生物防治之發展，自早期之害蟲天敵資源之系列調查，包括稻作，玉米、大豆、甘藷、蔬菜及果樹等害蟲之天敵種類及其重要性之篩選；進而從事主要天敵保育和利用之研究，如選擇性或低毒性藥劑之篩選以及主要天敵遺傳形狀之改良與保育措施之研究等。自 1982 年起即進行國際間之合作，與美國夏威夷州簽訂「害蟲生物防治合作協定」。自此即進行一連串的生物防治之研究，如可可椰子紅胸葉蟲，柑橘木蝨，香蕉挵蝶、玉米螟、非洲菊斑潛蠅、螺旋粉蝨、二點葉蟎等均在密切合作下進行天敵的引進，天敵之繁殖及田間釋放均有非常豐碩的成果。文中也列出七種重要害蟲，可藉天敵之引進，進行生物防治，達到永續防治之目標。企盼我政府能重視此項有意義的研發工作。

關鍵詞：生物防治、作物、重要害蟲、天敵保育、天敵引進、大量繁殖

前　言

根據學者的報告，自 1940 至 1990 這五十年間，世界各國農藥使用量急速增加了 10 倍以上，但作物因害蟲危害之損失竟不減反增，由 7%增至 13%，此項數據值得我們深思和反省。抗藥性的害蟲種類自 1954 年 10 種至 1985 增爲 432 種。據聯合國 1980 年統計，全世界每年有 200 萬人因農藥而中毒，其中大約有四萬人因而死亡，發展中國家此一問題尤爲嚴重。但事實上一個世紀以來，生物防治的成就，確是令人值得鼓舞的。據加州大學 Hagen 博士的記載：本世紀加州自世界各地引進各種天敵，對作物上 60 種主要害蟲達到完全的生物防治之效果，另外 60 種害蟲也有顯著的防治成效；對其他 40 種害蟲則有部份防治效果。而台灣過去一世紀來共引進約 40 種天敵，完全成功

者 5 項，佔 13%；立足並有顯著成效者 14 項，佔 36%；失敗者 20 項，佔 51%。證明天敵的引進，確可發揮神奇抑制害蟲的成效。其實生物防治是綜合管理(防治)的重要環節，如欲盡量減少施用具有毒性之殺蟲劑，有益天敵的開發利用和保育是關鍵所在。本文僅討論捕食性及寄生性天敵的利用。為排除主客觀限制因素，以積極推動生物防治之技術研發與應用推廣，中央農政單位乃政策性地將其列入重點施政項目，乃於 1982 年開始編列預算成立「生物防治重點研發計畫」，並與其他非農藥防治技術合併，於 1987 年成立國家級中、長程研究計畫，銜接技術研發，技術轉移，大量生產與推廣應用之一貫整體考量的計畫。並斥資於農試所興建一座天敵檢疫室，作為引進天敵之隔離檢疫和國外交換天敵之中心。為建立國際合作便利研究人員互訪、天敵交換、資料交流、合作研究與人才培訓等，於 1982 年 5 月與美國夏威夷農業廳簽訂「害蟲生物防治合作協定」，對我國近年來生物防治之發展，具有莫大的助益。1994 年 12 月台灣省農林廳又與夏威夷農業廳更擴大合作範圍，簽署「農業合作協定」，而生物防治仍為其中主要合作項目。經過近 30 年的努力，此項生物防治技術已漸趨普及。現在我們有必要回顧過去生物防治之歷史成果，或可帶給我們許多啓示，並增加我們對生物防治的信心，並指引我們一條正確發展方向。

害蟲天敵資源普查

為了利用和保育本地的天敵，近四十年來，先後完成對糧食作物(水稻、玉米、大豆和甘藷等)，蔬菜，果樹(柑橘，龍眼，荔枝，檬果，梨，葡萄，釋迦等)及其他特作(茶，煙草，桑等)等作物之重要害蟲天敵資源的調查(表一)。

表一　台灣主要作物害蟲天敵種類調查
Table 1. Survey and identification of natural enemies on main crops in Taiwan

作物	害蟲種類(數)	天敵種數(寄生，捕食)	重要天敵
水稻	稻蝨類，縱捲葉蟲等	64	卵寄生蜂、螯蜂、狼蛛、盲椿象等
玉米	玉米螟，穗蟲，蚜蟲等	18	赤眼卵蜂、蚜小蜂、瓢蟲、食蚜虻
大豆	約 30 種害蟲	50	三紋螟蛾絨小蜂、黃斑粗喙椿象
甘藷	約 10 種害蟲	22	鳥羽蛾雙溝小繭蜂
十字花科蔬菜	約 10 種害蟲	84(30,54)	蚜繭蜂、瓢蟲、草蛉
柑橘	約 53 種害蟲	100	詳見 Lo and Chiu (1985)編著之「柑橘害蟲及其天敵圖說」
龍眼	膠蟲	13(6,7)	跳小蜂、凹胸小蜂、蠕膠夜蛾等
荔枝	約 31 種害蟲	20	赤眼卵蜂、卵寄生蜂、草蛉等
檬果	約 35 種害蟲	28	卵寄生蜂、赤眼卵蜂、草蛉等
楊桃	約 13 種害蟲	8	小黑瓢蟲、草蛉、寄生蜂等
梨	約 21 種害蟲	9(5,4)	卵寄生蜂、瓢蟲、草蛉等
茶	約 7 種害蟲	40	小黑瓢蟲、赤眼卵蜂、小繭蜂、介殼蟲寄生蜂等
約 200 種植物	得粉蝨 60 種	20	廣腹細蜂科 1 屬、蚜小蜂科 3 屬

一、稻作害蟲之天敵

稻作害蟲以稻蝨類和縱捲葉蟲較重要，稻蝨類發現天敵有 22 種，其中以魅小蜂科之 *Anagrus* 與 *Gonatocerus* 之卵寄生蜂，以及螯蜂與頭虻等若蟲與成蟲寄生者較重要；捕食性天敵有 17 種，其中以六點狼蛛(*Lycosa pseudoannulata*)，裂頭小盤蛛(*Oedothorax insecticeps*)，綠盲椿象(*Cytorhinus lividipennis*)及黑盲椿象(*Tytthus mundulus*)等最重要；縱捲葉蟲之天敵共發現有 25 種，其中以赤眼卵蜂(*Trichogramma chilonis*)與小繭蜂(*Apanteles cypris*)最爲普遍，前者之寄生率可高達 52.9%(Chen and Chiu, 1983)。

二、玉米害蟲之天敵

玉米主要害蟲是玉米螟，玉米穗蟲及玉米蚜等三種，玉米螟之天敵有三種赤眼卵蜂(*T. chilonis, T. ostriniae* 及 *Trichogrammatoidea* sp.)和寄生幼蟲的寄生蠅和姬蜂各一種，其中以赤眼卵蜂 *T. ostriniae* 最佔優勢，爲目前玉米螟生物防治田間釋放蜂種；玉米蚜天敵以蚜小蜂(*Aphelinus* sp.)、蚜繭蜂、七星瓢蟲、錨紋瓢蟲及食蚜虻爲主。

三、大豆害蟲之天敵

台灣大豆害蟲種類甚多，約達 30 種，而其天敵有記錄者多達 50 種，其中以三紋螟蛾絨繭蜂(*Cotesia inguisitor*)及黃斑粗喙椿象(*Eocanthecana furcellata*)最爲重要(Chien et al, 1984)。

四、甘藷害蟲之天敵

台灣甘藷害蟲計有 10 種，而其天敵以寄生性天敵爲主，如寄生於鳥羽蛾與白鳥羽蛾幼蟲的雙溝小繭蜂(*A. bisulcata*)最爲普遍，其寄生率最高可達 71.4%(Chiu et al, 1978)。

五、十字花科蔬菜害蟲之天敵

小菜蛾的寄生性天敵以絨繭蜂(*Cotesia plutellae*)較常見(Chiu and Chien, 1972)。而捕食性天敵有黃斑粗喙椿象一種；白粉蝶有寄生性和捕食性天敵各 3 種，寄生性天敵以蛹金小蜂(*Pteromalus puparum*)最普遍，在每年 4-6 月間，寄生率可達 90%(Chiu，1985)；斜紋夜蛾之本地寄生天敵有 15 種之多，其中以馬尼拉小繭蜂(*Snellenius manilae*)之發生率達 91.3%，爲斜紋夜蛾最重要的天敵(Chiu and Chou, 1976)；其捕食性天敵有 12 種，仍以黃斑粗喙椿象較爲重要；甘藍擬尺蠖寄生性天敵有赤眼卵蜂(*T. chilonis*)，小繭蜂(*Apanteles* sp.與 *A. ruficrus*)及大腿小蜂(*Brachumeria lasus*)等。桃蚜天敵有 6 種寄生蜂，其中以岐阜蚜繭蜂(*Aphidius gifuensis*)最爲重要，而捕食性天敵有 37 種，其中以七星瓢蟲(*Coccinella septempunctata*)，台灣草蛉(*Chrysopa formosana*)，安平草蛉(*Mallada boninensis*)及黑色食蚜虻(*Syrphus serarius*)等最具潛力(Tao and Chiu, 1971)。

六、柑橘害蟲之天敵

農試所在 1981 年至 1984 年間獲農委會補助，調查各主要柑橘產區之害蟲及其天敵資源，結果共記錄了 53 種害蟲(包括其他有害動物)及 100 種以上的天敵，並將調查所得資料編成「台灣柑橘害蟲及其天敵圖說」(Lo and Chiu, 1985)。其中以褐圓介殼蟲之妤勞小蜂(*Aphytis holoxanthus*)，刺粉

蝨的黃小蜂(*Prospaltella smithi*)與粉蝨蠅(*Acletoxenus* sp.)；球粉介殼蟲之蒙氏瓢蟲(*Cryptolaemus montrouzieri*)與廣角跳小蜂(*Anagyrus sanadai*)；柑橘木蝨之跳小蜂(*Diaphorencyrtus diaphorinae*)，鳳蝶之赤眼卵蜂(*T. chilonis*)，潛葉蛾之串繭跳小蜂(*Ageniaspis citricola*)，吹綿介殼蟲之澳州瓢蟲(*Rodolia cardinalis*)等最爲常見而重要。

七、龍眼害蟲之天敵

龍眼樹的首要害蟲爲膠蟲，其天敵調查得 6 種寄生蜂和 7 種捕食性天敵，其中以囓膠夜蛾(*Eublemma* spp.)較爲重要(Chiu et al, 1981)。

八、茶樹害蟲之天敵

據茶業改良調查茶樹主要害蟲有 7 種，而天敵數竟達 40 種，其中茶葉蟎(*Oligonychus coffeae*)之天敵以小黑瓢蟲(*Stethorus optus*)與小黑隱翅蟲(*Oligota* sp.)密度最高，可予利用，茶姬捲葉蛾天敵中以小繭蜂(*Apanteles* sp.)佔 64.5%最多，其在 5-8 月間田間寄生率達 31.7%，頗具利用價值；茶小綠葉蟬有 12 種卵寄生蜂，其中以細翅小蜂之 *Stethynium* sp.分布全島茶區，發生率達 60.3%，最具利用價值。

九、熱帶果樹害蟲之天敵

經農試所調查在檬果，荔枝和楊桃上得害蟲分別爲 35、31 及 13 種，天敵則分別有 38、20 及 8 種。另採得梨樹害蟲有 21 種，寄生性天敵有 5 種，捕食性天敵有錨紋瓢蟲(*Lemnia biglagiata*)，六條瓢蟲(*Menochilus sexmaculatus*)，螳螂及草蛉等(Chou，未發表資料)。

十、粉蝨類害蟲之天敵

農試所於 1993 至 1995 年間在全島調查約自 200 種植物上採得粉蝨 60 種，且自其中 50 種粉蝨飼育得寄生蜂約達 20 種以上。如黃腹細蜂科(Platygastridae)之 *Amitus hesperidum*，蚜小蜂科(Aphelinidae)之 *Encarsia*、*Encarsiella*、 *Eretmocerus* 三屬最爲普遍，結果也顯示有三種本地寄生蜂已習於寄生於近年入侵之溫室粉蝨(Chou，未發表資料)。

天敵之保育與利用

一、選擇性或低毒性藥劑之篩選

1974 年農試所曾測試 11 種蔬菜常用藥劑對小菜蛾幼蟲絨繭蜂(*C. plutellae*)之毒性，結果在不同藥劑間對絨繭蜂之毒性有顯著的差異(Chang，1974)；又測出 8 種玉米田推薦之藥劑對兩種赤眼卵蜂(*T. ostriniae* 與 *T. chilonis*)之毒性，結果發現供試所有藥劑對該二卵蜂均具毒性，而在殺菌劑中以 Maneb 與 Zineb 之毒性較低(未發表資料)；然後又從事藥劑對非洲菊斑潛蠅之天敵華釉小蜂各蟲期之影響測試，結果培丹、硫錫安、三落松之毒性最高，白粉松次之，阿巴汀再次之，賽滅淨最低，雖然如此，但阿巴汀和賽滅淨仍對成蜂產生減低產卵寄生之亞致死影響，因而使其子代數顯著下降，而就藥劑與華釉小蜂之相容性，則仍以賽滅淨最佳(Chien，未發表資料)。

1976 年測完 28 種防治稻蝨類藥劑對稻蝨類三種重要捕食性天敵(六點狼蛛、裂頭小盤蛛、綠盲椿象)之毒性，結果所有藥劑對綠盲椿象毒殺率達 80%以上，而對兩種捕食性蜘蛛，以 Orthane、Azodrin、MTMC、Sevin 及 Disyston 之毒性較低(Chiu and Cheng, 1976)。Chu 等(1976)亦測試 9 種防治稻蝨與螟蟲的藥劑對上述兩種捕食性蜘蛛捕食力之影響。結果其中 Cidial、Lebaycide、Malathion、Methyl parathion 及 PM 對六點狼蛛之 LC_{50} 介於 15-150ppm 之間，顯示毒性甚高；而對裂頭小盤蛛除 Lebaycide 與 PM 分別爲 370 和 420ppm 外，其餘藥劑均在 1,000ppm 以上，故對裂頭小盤蛛而言，供試之藥劑均屬低毒性者；Huang 等(1986)測定番石榴常用 13 種殺蟲劑對粉介殼蟲天敵蒙氏瓢蟲各生育期之毒性，結果所有供試藥劑對蒙氏瓢蟲一、二齡幼蟲毒殺率在 8.6 與 29.3%之間，而多數藥劑對蛹期之毒性更低，對成蟲的毒殺率除 Dursban 和 Sumithion 分別爲 15 和 50%外，其餘藥劑均高達 96%以上；Wu and Lo(1988)測定 14 種藥劑對基徵草蛉(*Mallada basalis*)之毒性，發現三種供試除蟲菊劑比其他各種藥劑更具選擇性；近年測試顯示在推廣濃度下，殺蟎劑和殺菌劑對基徵草蛉之毒性極低，合成除蟲菊之毒性亦較低，在施藥初期之毒性以氨基甲酸鹽劑和有機磷劑最高，但 4-7 天之後，殘毒消退快速，至無害程度(Tseng，未發表資料)。

1975 年測定 23 種藥劑對葉蟎天敵(小黑瓢蟲與捕植蟎)之毒性，結果發現 Lannate 與 Carbaryl 之毒性最強，而有機磷劑中除 DDVP 與 Metasystox 之毒性較低外，其餘均強(Lo and Chao, 1975)。進一步測定 14 種殺菌劑，5 種殺蟲劑及 9 種殺蟎劑對法拉斯捕植蟎(*Amblyseius fallacis*)之毒性，顯示一般殺菌劑對捕植蟎之毒性均低，其 LC_{50} 均超過推廣濃度 34 倍以上，但其中 Topas 對捕植蟎有強烈的忌避作用；在 5 種各具特性之殺蟲劑測試結果，Cartap 與 Mevinphos 對法拉斯捕植蟎之 LC_{50} 濃度分別爲 0.77 mg/ml 及 0.01 mg/ml 均超過推廣濃度 0.5 mg/ml，Diflubenzuron 對法拉斯捕植蟎之 LC_{50} 爲 53.5 mg/ml，而 Thuricide 則大於 10mg/ml，分別是推廣濃度的 135 及 270 倍，屬極安全之藥劑，可以配合天敵使用，Pirimicarb 對法拉斯捕植蟎之 LC_{50} 濃度爲 0.972 mg/ml，僅爲推廣濃度之 3.9 倍，屬中等毒性藥劑；在 9 種殺蟎劑中，經計算各藥劑選擇比率(Selectivity Ratio)後，以 Fenbutatin、Propargite、Avermectin 三種最具選擇性的殺蟎劑，可在捕植蟎釋放後，葉蟎密度太高時使用，但在草莓上避免使用 Propargite，以防發生藥害。

二、天敵遺傳形性之改良與保育措施

農試所(1983-84)曾自不同地點及作物上，採得之溫氏捕植蟎(*Amblyseius womersleyi*)對各種藥劑之感度互有差異，感度差在 6-40 倍之間，可見在台灣田間，已經選育出可供進一步研究和利用之抗藥性之捕植蟎(Lo，未發表資料)；雖然農試所(1995)更進一步篩選強化得溫氏捕植蟎的三品系：抗美文松品系，其抗性比值爲 15 倍；抗加保扶品系，其抗性比值高達 1565 倍；抗畢芬寧品系，其抗性比值更高達 2500 倍(Lo，未發表資料)。

農試所曾分別在新竹和台中調查比較施藥與否對稻蝨類重要天敵，如卵寄生蜂，六點狼蛛與裂頭小盤蛛族群密度之影響，結果顯示施藥區之稻蝨卵被寄生率與該兩種捕食性蜘蛛之密度均較施藥區爲高(Chiu, 1978；Chen and Chiu, 1979)，可見減少稻田施藥或不施藥，較有利於稻蝨天敵之棲習和活動。

農試所曾進行水稻不同行株距及其對兩種捕食性蜘蛛發生密度的影響，結果發現在水稻發育中期以後；該兩種蜘蛛在寬植區(35×35 cm)之密度均比密植區(20×15 cm)者爲高，且差異顯著，由

此可推測此等捕食性蜘蛛較喜在寬植之稻株環境下活動(Chiu and Chen, 1981)。

國際合作

1982 年 5 月行政院農業委員會與美國夏威夷州農業廳簽訂「害蟲生物防治合作協定」，並敦請當時任職於夏威夷農業廳植物保護主管亦爲昆蟲學家賴博永博士來台評估生物防治研究成效，並協助多項害蟲天敵的引進工作，如 1983 年 11 月間，經由賴博士之助，自關島引進可可椰子紅胸葉蟲天敵釉小蜂(*Tetrastichus brontispae*)，因而使可可椰子紅胸葉蟲之防治踏出成功的第一步。在此同時亦經賴博士之助，自法屬留尼旺島(*Reunion*)引進柑桔木蝨之天敵亮腹釉小蜂(*Tamarixia radiata*)，此蜂已在台灣全面立足，並對柑橘木蝨具有顯著之寄生及取食之效果，尤其在月橘上可經年出現抑制木蝨之密度。1986 年台灣首次發現香蕉挵蝶入侵爲害香蕉，乃於 1987 年自夏威夷引進卵寄生蜂(*Ooencyrtus erionotae*)，經略加繁殖予以釋放於屏東地區，成功立足，並且完全成功防治香蕉挵蝶，未再發生。1983 年自夏威夷引進西方捕植蟎(*Metaseiulus occidentalis*)和加州捕植蟎(*Amblyseius californicus*)，前者在台灣立足困難，後者除在高海拔地區外，均能在台灣立足。

除引進天敵之外，在此期間於 1983 年農試所應夏威夷州農業所之請，輸出台灣產之小菜蛾之天敵絨繭蜂(*Cotesta plutellae*)至夏威夷州，結果此蜂已在夏州之 Maui 與 Oahu 島立足。

爲加強與美國夏威夷農業廳生物防治合作協議計畫，並培育人才，於 1987 年由農委會支助農試所周樑鎰博士前往夏威夷研習生物防治配合技術，包括天敵分類、引進檢疫隔離、大量生產及防治潛力評估等，爲期兩個月，成效甚優。

1994 年 12 月台灣省政府與夏威夷州更進一步簽署擴大合作協議，其中害蟲生物防治仍爲主要合作項目之一，由農試所提出作物病蟲害生物防治之計畫，進行五年之長程合作研究。昆蟲方面提出螺旋粉蝨、銀葉粉蝨及溫室粉蝨爲防治對象，擬徹底解決此三大入侵之害蟲。

害蟲(蟎)之入侵與天敵之引進

爲了防治國外侵入之害蟲(蟎)，通常引進天敵是首先被考慮的措施，而在本土重要害蟲中，若缺乏天敵之資源可供利用，亦可引進國外之有效天敵予以馴化應用。二十五年來，國外入侵之害蟲(蟎)種類，引進天敵種類，生物防治所需之設備和研究利用之成果，分項簡要報導如下：

一、害蟲(蟎)侵入台灣之記錄

自 1975 年起，台灣記錄侵入之害蟲及害蟎計有 12 種(如表二)，侵入之害蟲計有可可椰子紅胸葉蟲、梨瘤蚜、銀合歡木蝨、香蕉挵蝶、非洲菊斑潛蠅、溫室粉蝨、螺旋粉蝨及稻水象鼻蟲等 8 種；害蟎計有維也納葉蟎、歐洲葉蟎、二點葉蟎和刺足根蟎等 4 種。其中曾造成嚴重危害的有可可椰子紅胸葉蟲、梨瘤蚜、非洲菊斑潛蠅、螺旋粉蝨、稻水象鼻蟲和二點葉蟎等六種，其他種類爲害輕微或成局部性分布。

表二　二十五年來害蟲及害蟎侵入台灣之記錄
Table 2. The records of insect and mite pests invaded to Taiwan from 1975 to 2000

中　名	普通名及學名	侵入記錄年
可可椰子紅胸葉蟲	Coconut leaf beetle (*Brontispa longissima*)	1975
維也納葉蟎	Vienna spider mite (*Tetranychus viennensis*)	1976
梨瘤蚜	Pear phylloxerid (*Aphanostigma piri*)	1979
歐洲葉蟎	European spider mite (*Panonychus ulmi*)	1979
二點葉蟎	Two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*)	1979
銀合歡木蝨	Jumping plantlice (*Heteropsylla cubana*)	1985
香蕉挵蝶	Banana skipper (*Erionota totus*)	1986
非洲菊斑潛蠅	American leafminer (*Liriomyza trifolii*)	1988
溫室粉蝨	Greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorun*)	1988
螺旋粉蝨	Spiraling whitefly (*Aleurodicus despersus*)	1989
稻水象鼻蟲	Rice water weevil (*Lissorhoptrus oryzophilus*)	1990
刺足根蟎	Bulb mite (*Rhizoglyphus echinopus*)	2000

二、害蟲天敵檢疫室之興建

台灣經濟作物害蟲生物防治技術之拓展，除加強本地天敵之保育與利用外，更需從國外引進某些重要害蟲(包括國外侵入之害蟲)之有效天敵，以加強生物天敵之治蟲功能和成效。然而海外天敵之引進，必需先經嚴格的檢疫措施，以免其他有害物種，如天敵本身的重複寄生物、病原菌、毒素及害草等附著於引進之蟲體或其包裝物或填充物等進入台灣，而招致不良後果。農委會有鑑於此，乃於 1983 補助農試所建造天敵引進檢疫室一棟，是比照美國農部益蟲研究室之設計，佔地有 $200M^2$，內部包括辦公室、包裝與記錄室、三曲通道、檢疫消毒室、隔離觀察室及檢疫飼育室等，1985 年建造完成，提供台灣引進或輸出天敵時檢疫之用，爲台灣害蟲及害蟎生物防治研究奠定基石。

三、害蟲天敵之引進

二十餘年來台灣各學術研究機關有記錄引進二十五批共二十三種天敵中(表三)，經繁殖利用成功者有釉小蜂(*Tetrastichus brontispae*)防治可可椰子紅胸葉蟲，亮腹釉小蜂(*Tamarixia radiata*)防治柑橘木蝨，及法拉斯捕植蟎(*Amblyseius fallacis*)和智利捕植蟎(*Phytoseiulus persimilis*)防治二點葉蟎，成功率爲 18%；引進天敵在台灣已立足者有紋白蝶的天敵小繭蜂(*Apanteles glomeratus*)，二點葉蟎之天敵加州捕植蟎(*Amblyseius californicus*)，小菜蛾的天敵寄生蜂(*Diadegma semiclausum*)，香蕉挵蝶的天敵二種寄生蜂(*Cotesia erionotae* 和 *Ooencyrtus erionotae*)，荔枝細蛾的卵寄生蜂(*Trichogrammatoidea bactrae fumata*)及綠椿象卵寄生蜂(*Trissolcus basalis*)等七種，佔總引進數的 30.4%，若以成功者與立足者合計有十一個案例，佔全部引進數的 47.8%，此一天敵引進立足和成功率與美國天敵引進立足和成功率相較極爲相近，且略爲高些(表二)。台灣糖業研究所曾自 1959 年至 1990 年止共引進天敵昆蟲 17 種，微生物 7 種及線蟲 1 種。該所曾先後引進並釋放古巴蠅

(*Lixophaga diatraea*)、亞馬遜蠅(*Metagonistylum minense*)、西印度小繭蜂(*Bassus stigmatera*)、印尼姬蜂(*Isotima javensis*)、紫螟寄生蠅(*Sturmiopsis inferens*)、印度蟻蜂(*Gonizus indicus*)、印度白螟小繭蜂(*Rhaconatus scirpophaga*)、法西斯赤眼卵蜂(*Trichogramma fasciatus*)、印度紫螟蛹寄生蜂(*Trichospilus liatraea*)、夏威夷土蜂(*Campsomeris marginella modesta*)及綿蚜寄生蜂(*Encarsia flavoscutellum*)等 11 種天敵，於蔗田防治甘蔗害蟲，回收得古巴蠅、印尼姬蜂及紫螟寄生蠅等 3 種。

表三　引進天敵防治害蟲(蟎)之記錄(1971-1990)
Table 3. Records of introduced natural enemies for control insect and mite pests (1971-1990)

引進年	引進天敵學名	防治對象害蟲(蟎)	輸出地	狀態
1971	*Opius importatus*	Beanflies	Hawaii	F
1971	*Opius phaseli*	Beanflies	Hawaii	F
1973	*Apanteles vestalis*	Diamondback moth	Holland	F
1973	*Diadegma fenestralis*	Diamondback moth	Holland	F
1974	*Apanteles glomeratus*	Imported cabbageworm	Japan	E
1983	*Tetrastichus brontispae*	Coconut leaf beetle	Guam	S
1983	*Tamarixia radiata*	Citrus psylla	Reunion	S
1983	*Trissolcus basalis*	Green stingbug	Hawaii	E
1983	*Amblyseius californicus*	Two-spotted spider mite	Hawaii	E
1983	*Typhlodromus occidentalis*	Two-spotted spider mite	US	F
1984	*Trighogramma nubilale*	Asia corn borer	US	F
1985	*Amblyseius fallacis*	Two-spotted spider mite	US	S
1985	*Diadegma semiclausum*	Diamondback moth	Indonesia	E
1987	*Cotesia erionotae*	Banana skipper	Hawaii	E
1987	*Ooencyrtus erionotae*	Banana skipper	Hawaii	E
1988	*Dacnusa sibirica*	American leafminer	Holland	F
1988	*Encarsia formosa*	Greenhouse whitefly	Holland	F
1988	*Trichogrammatoidea bactrae fumata*	Litchi fruit borer	Thailand	E
1988	*Curinus coeruleus*	Jumping plantlice	Hawaii	F
1989	*Typhlodromus occidentalis*	Two-spotted spider mite	US	F
1989	*Phytoseiulus persimilis*	Two-spotted spider mite	US	S
1990	*Phytoseiulus persimilis*	Two-spotted spider mite	Australia	S
1990	*Nephaspis annicola*	Spiraling whitefly	Hawaii	F
1990	*Nephaspis bicolor*	Spiraling whitefly	Hawaii	F

E: established; F: failure; S:successful

害蟲天敵之大量生產及利用研究

1948 年糖業研究所陳金璧等爲了進行甘蔗螟蟲之生物防治，他們利用倉庫害蟲外米綴蛾爲天敵之代用寄主，發展其大量飼育繁殖工作，以供天敵赤眼卵蜂和古巴蠅之大量繁殖利用之技術，近半世紀來從未間斷，曾對甘蔗螟蟲之防治具有決定性的價值，功不可沒，近三十年，農試所承接此一重大任務，其他研究單位及大學，亦有若干大量繁殖技術之發展，尤其在對害蟲天敵代用寄主之大量繁殖方面的進展，亦具成效，現將各項工作簡述如下：

一、卵片機研發成功

農試所鑑於人工製作寄主卵片所需工資約佔蜂片生產成本之 47%，故於 1982 年設引完成自動製作卵片機原型機壹臺，每分鐘可製作 2×3.5 cm 之卵片約 190 張，每張約含外米綴蛾卵 1,200 粒，不但可節省蜂片製作之成本，更可加速卵片之生產，而達快速生產卵寄生蜂之目的。後來台南改良場進一步製作一台較大產能之卵片機。此卵片機之效率比人工製作的快 10 倍，製成 10,000 公頃玉米田所需蜂片爲 300 萬片，可縮短工作時數達 2,626 小時，每小時以新台幣 60 元計算，約節省經費 160,000 元，機械製成之卵片，每片平均卵粒數在 1,100 至 1,400 粒之間，而人工者平均在 900-1,600 粒之間，可見機械製做之卵片卵粒數變異小而一致。

二、外米綴蛾大量生產技術之改進

繁殖外米綴蛾的過程包括：幼蟲飼育、成蛾收集、卵粒收集，其中以收集成蛾費工最多，在養蟲室內成蛾羽化後，即飛至牆壁或天花板停留，收集時須清晨利用雞毛撣子沿牆壁或天花板，將成蛾刷落至塑膠袋內，然後再倒入產卵筒中，此種作業必須每日進行，需要維持大量勞工，故生產每 cc 外米綴蛾卵需要新台幣 40 元。農試所有鑑於此，利用外米綴蛾成蛾一旦羽化即要飛離及遇平滑材質即往下掉落的習性，故研發一漏斗狀將層層放置之飼育容器串連一起，上下之間留有孔道，方便所有羽化之成蛾能順利下滑至最底部的集蛾瓶中，此構造相當簡單，操作甚爲便利，初步估算，生產每 cc 外米綴蛾卵僅需新台幣 10 元，除了節省大量工資外，產量增加也是生產成本降低的主要原因。

三、綠椿象卵寄生蜂之大量繁殖

中興大學曾於 1983 年自夏威夷引進一種綠椿象卵寄生蜂(*Trissolcus basalis*)，以防治綠椿象(*Nezara viridula*) (Su and Tseng, 1984)。在 28℃下，將即將孵化之綠椿象卵塊固定在新鮮的玉米穗上，懸掛在網箱內，供孵化的綠椿象若蟲吸食，同時在網箱內放置盆栽大豆植株，供綠椿象若蟲及成蟲取食棲習及產卵之用。每日收集卵塊，將其黏貼在紙片上製成卵片，將此卵片供卵寄生蜂產卵寄生，經 24 小時產卵寄生後，將卵片取出，置於寄生蜂飼育容器內待其羽化飼養。飼育容器是以寶特瓶(1,250 cc 裝)製做，先將寶特瓶之底套以美工刀沿底線切除，作爲飼育容器上下蓋，再將寶特瓶上下內縮部份切除，餘下高約 13 公分，口徑約 8.5 公分的塑膠圓筒，另在圓筒一端距口緣 2 公分處橫切一道長約 8 公分的切口，此端爲容器的下端，然後在圓筒下端口緣 2 公分近口處塗抹強力膠，同時覆以細尼龍網(100 mesh)，再將事先切下的底套套上至切口處，至少經 24 小時晾乾，在圓筒上端同法覆以細尼龍網，不要塗強力膠，將切下底套套上，可任意取下，便於清洗。飼育容器下端 8 公分的橫切口，將口向內壓，即可作爲卵片插入或取出之孔道，操作時必須使用細長鑷子，飼養寄生蜂時只需將少量的純蜂蜜塗抹在上端細尼龍網上，寄生蜂即可在尼龍網內吸食。此種飼育容器，除飼育綠椿象卵寄生蜂外，還可飼育多種寄生蜂，如茶蠶卵寄生蜂(*Telenomus* sp.)、黃斑椿象卵寄生蜂(*Anastatus colemani*)、小菜蛾絨小蜂(*Cotesia plutellae*)、茶捲葉蛾赤眼卵蜂(*Trichogramma chilonis*)、蛹寄生蜂(*Brachymeria euplaeae*)等。

四、蒙氏瓢蟲大量繁殖

柑橘粉介殼蟲中，以球粉介殼蟲(*Nipaecoccus filamentosus*)和橘粉介殼蟲(*Planococcus citri*)最爲重要。蒙氏瓢蟲(*Cryptolaemus montrouzieri*)爲引進立足之天敵，對粉介殼蟲均具捕食壓抑之效果，然因蒙氏瓢蟲性較緩慢，分散力較差，需要人爲的協助，將其繁殖釋放，成效較速。農試所曾於 1979 年以馬鈴薯芽飼育球粉介殼蟲，而以木瓜型南瓜飼育橘粉介殼蟲，供作蒙氏瓢蟲之食餌。在每個木瓜型南瓜上或每盤馬鈴薯芽(2 尺×1.5 尺)上經 30 天後分別可飼育得桔粉介殼或球粉介殼蟲卵囊數 4,500 及 13,000 個，此時接入蒙氏瓢蟲之成蟲 10 對，分別可飼育得 150 及 240 隻成蟲。蒙氏瓢蟲產卵前期約 3 天，產卵期長達 40 天，在 3 雌 2 雄比例下，每隻雌蟲平均產卵量最高，約 660 枚。在食物不足情況下，可在羽化後餵食蜜水 1-2 週，再接入粉介殼蟲卵囊，對其產卵量似無影響。粉介殼蟲之卵囊經 10 天在 6℃下冷藏，對蒙氏瓢蟲之取食並無影響。

五、捕植蟎的大量繁殖

因捕植蟎尚不能利用人工飼料或代用食餌予以大量繁殖，僅能以葉蟎飼育，而葉蟎亦僅能以植物飼育，因此對捕植蟎之大量繁殖包括三步驟，即寄主植物之栽植，葉蟎之繁殖及捕植蟎之繁殖。爲了連續不斷繁殖葉蟎必先栽植大量的寄主植物，並且發展價廉而不佔空間之繁殖技術，在溫室或網室內利用水稻育苗箱(60×30×3)爲栽植器具，將台灣特產之青皮豆(大豆之一品種，供綠肥之用)種子 1,000 粒平均撒播其上，以水耕法接於水槽內，當豆種發芽至眞葉完全展開時即將葉蟎種源室所飼養之二點葉蟎(*Tetranychus urticae*)或神澤氏葉蟎(*T. kanzawai*)連同豆株以每箱約 50,000 隻葉蟎接於每箱豆株上，約需 10-14 天，每箱葉蟎數可繁殖得 630,000-800,000 隻，通常在溫網室內，因高溫高濕常易發生眞菌寄生葉蟎，故需每週施用一次殺菌劑 Antracol 或 Dithane M-45，以保障葉蟎繁殖成功。捕植蟎之繁殖又分爲室內種源的飼育繁殖，和溫網室之大量繁殖二種方式：室內種源之繁殖飼育，是由農試所於 1985 年設計發展而成之塔式飼育盒，此盒每層高 5cm，直徑爲 22cm，可以層層上疊而成塔狀，除了底部之外，每一層底部，均有大形孔洞，且在側方具有二氣窗，覆以細網，以防捕植蟎逃失，除使空氣流通外，亦可去除過高的潮濕。將豆苗剪去莖部以下部份，留下葉片連同葉蟎放入飼育盒內，然後接入 2,000 隻捕植蟎，每天添加葉蟎，層層上疊，經過 7-10 天，約可收穫 10,000 隻捕植蟎。

溫網室繁殖法：即在豆苗接以葉蟎之後，4-7 天每箱接入法拉斯捕植蟎約 1,000 隻，至 7-14 天後，可收穫 17,000-20,000 隻。在收穫之前應先取樣各苗之捕植蟎數是否達到每葉 20 隻以上(包括卵粒)，如已達此數即應收穫，收穫是將豆苗之葉部剪下，放入紙袋內，予以密封，在釋放之前先放入冰箱經 10℃之冷藏，冷藏 10 天內死亡率甚低，對其生育並無不利影響，且不妨礙其將來釋放後之活性。若需將其自植株上分離，可利用搖篩技術將其全數分離而予收穫。

六、草蛉的大量繁殖

農試所於近年來發展完成草蛉幼蟲集體飼育技術，即以長×寬×高=7×14×11.2 cm 容量約 1.1 公升塑膠盒爲飼育盒，蓋上開一直徑 4.7 cm 的通氣孔，孔上覆以 80 目的細沙網。爲了減少草蛉幼蟲間自殘的損失，在飼育盒中加入 1.5 cm 寬，185 cm 長之瓦楞紙條做成橢圓形紙卷三卷，另外加入 1 mm 以下大小的保利龍屑 2.5 ml，供草蛉幼蟲的背負物，每盒放入 0.4 g 外

米綴蛾(*Corcyra cephalonica*)卵，供爲孵化之草蛉幼蟲之食物，隨即接入 100 隻初孵化的草蛉幼蟲，在 28±0.5℃，70% RH 及每日光照 14 小時生長箱中飼育，每三日餵食蛾卵一次，在此種飼育情況下，平均成蟲獲得率可達 80%，每 ml 飼料卵可生產 14.8 隻草蛉成蟲。成蟲飼以啤酒酵母與蜂蜜 1:1 混合物，可促進產卵。

目前農試所又發展出另一種人工飼料爲草蛉幼蟲食物的大量繁殖方法，可以與原有的繁殖方法配合應用，徹底改善現有繁殖工作上之缺點，不再受食餌限制而全年大量生產草蛉，並大幅降低生產成本至每隻成蟲新台幣 1 元以下。農試所參考 Hassan & Hagen (1978)之草蛉人工飼料之配方，略作調整，並研發微膠囊製作機原型機一套，以蜂蠟爲包被物，可製成內含人工飼料之微膠囊，此技術所生產之微膠囊人工飼料之大小，適合餵食草蛉幼蟲，可以完全取代外米綴蛾以大量繁殖生產草蛉幼蟲，爲草蛉生產突破性的成就。

七、小黑花椿象的大量繁殖

於室內以粉斑螟蛾(*Ephestia cautella*)卵爲小黑花椿象最適合的食物，在網袋內投入發芽後 3-5 日的青皮豆嫩莖供作小黑花椿象成蟲產卵的介質，豆苗除供雌成蟲產卵外，並提供成蟲與若蟲所需的植物性營養份。於 27℃及 24 小時全光照的室內飼養，每日可以獲得多數小黑花椿象的卵粒，可供作大量繁殖之蟲源，或可供田間生物防治薊馬所需之蟲源。雖經室內數十代的繁衍，其間偶亦不定期的補充少量野生蟲體，而所生產的椿象，始終能維持一定的捕食能力，迄今尚未偵測出任何衰退現象。

八、小菜蛾寄生蜂之大量繁殖

1998 年經由藥試所協助，提供台灣本地種之絨繭蜂(*Cotesia plutellae*)及雙緣姬蜂(*Diadromus collaris*)及亞蔬中心自印尼引進的彎尾姬蜂(*Diadegma semiclausum*)等三種小菜蛾寄生蜂之種源及飼育技術。農試所則利用馴化之小菜蛾品系，此品系除了產卵時仍以甘藍菜汁誘使產卵外，全程飼養可完全使用人工飼料。對於上述三種寄生蜂量產之飼育溫度爲 20±2℃，光週期爲日夜各 12 小時。以人工飼料大量飼養之小菜蛾因蟲齡均一，可分別供應不同寄生蜂種所需。最適合絨繭蜂之小菜蛾齡期爲二齡末三齡初之幼蟲，此蜂從產卵至羽化約需 18-20 天。彎尾姬蜂可寄生小菜蛾幼蟲各齡期，然最佳寄生時期爲三齡末四齡初，由產卵到羽化約 15-16 天。而寄生蛹期的雙緣姬蜂之找尋寄主能力極佳，在室內飼育時有 80%以上爲一寄主只產一卵，由產卵到羽化需時 14-15 天。一般而言，在室內大量飼養之寄生率以絨繭蜂最高，平均均在 50-85%之間；彎尾姬蜂及雙緣姬蜂之平均寄生率分別爲 10-60%、25-70%之間，成蜂壽命可達一個月以上。

作物害蟲(蟎)生物防治之成果

一、可可椰子紅胸葉蟲之生物防治

可可椰子紅胸葉蟲(*Brontispa longissima*)於 1975 年首次在屏東被發現，即迅速由南而北蔓延，並擴散至東部，至 1986 年已蔓延至台北，全省可可椰子均遭其嚴重危害，該蟲食害可可椰子的心葉部，被害部位常傷及生長點，故常使心葉枯萎，後至全株枯死。因椰樹高大，施藥困難，且部份

椰樹種在養殖魚塭周圍，施藥防治有殃及池魚之危險，故農試所乃積極發展其生物防治之研究工作。據文獻記載，該蟲之天敵有毛小蜂科之 *Haeckeliana brontispae*，*Trichogrammatoidea nana*、跳小蜂之 *Ooencyrtus* sp.以及釉小蜂科之紅胸葉蟲釉小蜂(*Tetrastichus brontispae*)。此釉小蜂於索羅門，美屬撒摩阿，法屬坡里尼西亞、關島、馬來西亞、瓜哇、賽班島、西里伯等島嶼，均被利用於防治 *Bronstispa* 屬之可可椰子害蟲。農試所於 1983 年透過當時在夏威夷的賴博永博士之助，自關島引進該釉小蜂，經室內檢疫飼育繁殖後，於 1984 年 1 月起釋放於高屏之澄清湖及林邊之椰樹上，初期顯示已經立足，乃在室內大量繁殖該寄生蜂，並商請當時屏東農專陳仁昭教授及台東、花蓮改良場協助擴大在屏東、台東、花蓮釋放並評估成效，然後擴大釋放至高雄、嘉義、雲林及台北的植物園，至 1986 年 5 月止。計釋放釉小蜂共 106 次，共計 143,082 隻成蜂，各地區釋放之次數為 1 至 14 次。經釉小蜂釋放後都能在各地區立足，且能自行分散至鄰近椰子產區。釉小蜂可寄生於紅胸葉蟲之老熟幼蟲及蛹齡 1-6 天之蛹體，經調查多處之寄生率高達 80%以上(表四)。經賴博永博士評定為近年來台灣害蟲生物防治最具成效的案例，果然時至今日，可可椰子已經恢復了往日生機，並早已欣欣向榮地為此成功事例，做美好的見證。

表四　釋放釉小蜂防治可可椰子紅胸葉蟲之記錄

Table 4. Field release of *Tetrastichus brontispae* for control the coconut leaf beetles in Taiwan

Sites	Date of lst release	No. of Releases	No. parasitoid released	Highest % parasitism
Kaohsiung: Tashu	'84-11-07	9	12,081	84.8
Chenchin hu	'84-01-18	11	11,939	93.2
Hunei	'85-11-19	3	5,064	15.4
Pintung: Linbien	'84-02-08	14	16,324	88.0
Likang	'85-11-16	2	1,951	76.0
Taitung: Chihpen	'84-12-19	14	19,480	100
Tungho	'85-12-11	6	10,413	41.7
Chiengo	'85-02-28	8	10,913	50.0
Chengkung	'85-10-03	9	12,459	77.8
Hualien: Fengbin	'84-12-18	7	12,003	75.0
Chian	'84-12-17	7	2,949	90
Fenglin	'85-06-06	1	1,520	-
Yunlin:Tounan	'85-11-25	8	13,584	25.0
Chiayi: Tapu	'85-11-06	6	12,144	84.8
Taipei: Botanical garden	'86-01-17	1	258	-

二、亞洲玉米螟之生物防治

八〇年代為配合政府稻田轉作政策，當時玉米是轉作的主力作物，在玉米害蟲中以玉米螟最為

重要，故由農試所，台南區農改場朴子玉米中心，及花蓮區農改場合作進行玉米螟之防治，農試所首先自本省各地調查玉米螟之天敵，計發現寄生於玉米螟卵寄生蜂有 3 種：即 *Trichogramma ostriniae*、*T. chilonis* 和 *Trichogrammatoidea* sp.，其中 *T. ostriniae* 係台灣玉米螟卵寄生蜂之優勢蜂種，供作台灣玉米螟生物防治利用，並分別由台糖公司烏樹林糖廠，台南區農業改良場朴子分場及花蓮光復糖廠大量繁殖生產此卵寄生蜂，並製成卵片，供應全台灣玉米產區之需要。

同時進行對 *T. ostriniae* 飼養技術之改進，環境因子如風速、溫度、相對溼度及寄主植物對寄生蜂之影響也完成試驗。又為發展玉米螟綜合防治，進而測定政府推薦之各種藥劑對 *T. ostriniae* 及 *T. chilonis* 之毒性結果顯示殺菌劑較安全，但各種殺蟲劑，對卵寄生蜂之毒性均高，故建議在釋放卵寄生蜂之前後 3-4 天不宜施用殺蟲劑。

田間試驗是自玉米發芽後 20-25 天開始釋放 *T. ostriniae* 300,00-360,000 隻/公頃，全期釋放 4 次，可顯著升高玉米螟卵之被寄生率，但尚不能達理想之防治效果，但可減少施藥 1-2 次；台南場玉米中心因而研究一綜合防治模式，即配合 3 次低毒性藥劑之處理，再配合摘除 2/3 的雄穗，而可達較理想防治效果。綜合 1985、1986、1987 年之試驗結果，綜合防治試驗區之赤眼卵蜂寄生玉米螟卵塊率及玉米被害率，均有顯著成效，而產量在綜合防治區較傳統防治區平均可增加 10%。

近年來農試所更研發利用蘇力菌與玉米澱粉混合製成誘餌，灑施於葉片之基部近葉鞘處及上層嫩葉之基部，可誘使初孵化的玉米螟幼蟲趨往取食澱粉而將病菌攝入體內而致病，可與赤眼卵蜂一併利用，使未被赤眼卵蜂寄生之卵粒孵化後，再藉此誘餌予以誘殺，可強化生物防治之成效，此防治技術的成果經擴大觀摩會向各地農民、試驗研究人員及農政官員呈現，已獲得出席人員一致的肯定。

三、柑橘木蝨之生物防治

據記載台灣柑橘木蝨(*Diaphorina citri*)，寄生性天敵有 3 種，分別為紅腹跳小蜂(*Diaphorencyrtus diaphorinae*)及兩種寄生菌(*Capnodium citri* 和 *Cephalosphorium lecanii*)；捕食性天敵則有 10 種，分別為台灣草蛉(*Chrysopa septempunctata*)，安平草蛉(*Mallada boninensis*)，瓢蟲(*Cheilomene quadriplagiata*)，雙帶盤瓢蟲(*Coelophora biplagiata*)，黑色瓢蟲(*Leis axyridis*)，六條瓢蟲(*Menochilus sexmaculatus*)，粉白小黑瓢蟲(*Serangium* sp.)，八斑瓢蟲(*Symharmonia octomaculata*)，巨眼椿象(*Geocoris* sp.)，及蠅虎(*Marpissa tigrina*)等，但其中仍以紅腹跳小蜂最重要，其缺點是重複寄生蜂種類多，其被寄生率高，因而其重要性大打折扣，其他天敵發生均較緩慢，繁殖速度無法追及，與柑橘木蝨之發生無法同步，又因其寄主並不專一，故利用價值不高。

農試所乃於 1983 年 12 月至 1986 年 6 月曾分四次自留尼旺島(Reunion)引進亮腹釉小蜂(*Tamarixia radiata*)，共引進 62 隻(19 雄，43 雌)，經檢疫後在飼養室內增殖，於 1984 年 5 月至 1988 年 4 月共繁殖 21,164 隻，分別在農試所(台中霧峰)甜橙園以及 13 縣市之 39 處月橘綠籬上釋放，至 1987 年 11 月該蜂被證實已在台灣全島立足，亮腹釉小蜂在台中地區寄生效果顯著，約佔 95%之優勢，2-4 月間對柑橘木蝨之寄生率可達 80-99.7%，顯著壓抑柑橘木蝨族群之增長，並穩定維持每 10cm 長月橘枝條上柑橘木蝨成蟲 0.2-1.1 隻，且未見其顯著遷飛，與紅腹跳小蜂之種間競爭非但不明顯，且對柑橘木蝨之防治具協力效果，被重複寄生率僅 5.6%，尚不致影響亮腹釉小蜂對柑橘木蝨之抑制效果。至於在施藥或廢棄柑橘園，由於園內柑橘發芽期與施藥影響柑橘木蝨發生之穩定性，及病

株存在等問題，致使柑橘園內柑橘木蝨之防治效果甚難評估。

四、小菜蛾之生物防治

近三十年來，小菜蛾(*Plutella xylostella*)已成爲十字花科蔬菜的首號大敵，由於頻繁施用化學藥劑予以防治，迫使其對各類藥劑產生高度之抗藥性，藥劑防治似乎甚難徹底解決小菜蛾的問題，故其他非農藥防治技術逐漸受人重視。1985 年亞洲蔬菜中心自印尼引進小菜蛾的寄生蜂-彎尾姬蜂(*Diadegma semiclausum*)，此姬蜂爲印尼於 1950 年代自紐西蘭所引進者。另配合台灣本土的小菜蛾絨繭蜂(*Cotesia plutellae*)進行一連串的生物防治試驗。

表五　台灣釋放亮腹釉小蜂及其立足之記錄
Table 5. The release and recovery dates of *Tamarixia radiata* in Taiwan

Sites	Date of release	No. parasitoid released	Date of lst recovery	Host plant
Taichung: TARI	May '84~May '85	593	Aug.'86	Sweet orange
TARI	Mar ~May '85	1,509	Sept.'86	Jasmine orange
Wanfeng	Nov '85	195	Mar. '86	Jasmine orange
Wufeng	May '86	236	Aug. '86	Jasmine orange
Changhua: Tienwe	May '86	134	Aug. '86	Jasmine orange
Tainan: Wusatou	Oct '86	84	Mar '87	Jasmine orange
Chiayi: Tapu	Feb '87	12	Mar '87	Jasmine orange
Kaohsiung: Chenchin hu	Feb '87	53	Mar '87	Jasmine orange
Pingtung: NPUST	Feb '87	25	Mar '87	Jasmine orange
Kaohsiung DAIS	Feb '87	26	Mar '87	Jasmine orange
Linno	Apr '87	112	Jun '87	Jasmine orange
Chiuchu	Apr '87	32	Sept. '87	Jasmine orange

亞蔬中心利用上述兩種小菜蛾幼蟲之寄生蜂，在室內，溫室內及小面積之田間試驗，以評估引進姬蜂對小菜蛾幼蟲之寄生能力，室內和溫室試驗均證明引進之姬蜂對小菜蛾之尋找能力較本地者爲優，進一步在田間網罩內進行試驗在甘藍種植 1 個月時，姬蜂對小菜蛾的寄生率爲 13.1%，但至甘藍即將收穫時，其寄生率已高達 65.4%，雖然如此，但其產量和品質仍然不能與藥劑防治者相抗衡。在台灣平地及低於海拔 200 公尺情況下，此引進之姬蜂無法立足，而在高於 1,000 公尺之高山地帶，姬蜂立足正常，寄生小菜蛾之寄生率甚高，在此情況下，小菜蛾已不成爲嚴重的害蟲了。此種利用技術已經轉移於東南亞各國。

農試所近年來也曾在小面積的田間進行小菜蛾生物防治之試驗，發現利用寄生蜂防治小菜蛾常受天候、殺蟲劑、寄生蜂雌雄比等因子之影響。室內大量飼養寄生蜂時，亦應確認最佳之飼養狀況，以維持穩定的雌雄比，才能收最大效益。此外善加利用不同種寄生蜂之生物特性，也有截長補短之效果，如本地產的絨繭蜂在田間的寄生率常是先高後低，而彎尾姬蜂經釋放後，在田間的寄生率則

是穩定的上升。如能同時釋放此兩種寄生蜂，初期由小繭蜂發揮寄生之功能，中後期則由彎尾姬蜂接續，則可維持穩定之寄生率。而雙緣姬蜂(*Diadromus collaris*)具有對小菜蛾蛹有良好的尋找能力，也可考慮配合使用，以提高田間的寄生率。

五、桑樹葉蟎之生物防治

葉蟎是桑樹主要害蟎，而其中又以神澤氏葉蟎(*Tetranychus kanzawai*)最重要，而捕植蟎為葉蟎的主要天敵，其中溫氏捕植蟎(*Amblyseius womersleyi*)為主要，其與神澤葉蟎之族群變動模式最為吻合，因而選用溫氏捕植蟎為生物防治之材料，當時(1983)由中興大學昆蟲系進行此工作，並建立捕植蟎大量繁殖流程，年產量為 2 千萬至 2 億隻，每公頃釋放 10 萬隻即可達滿意之防治效果。

進一步農試所自 1985 年起在桑園釋放引進之法拉斯捕植蟎，並改進捕植蟎之大量繁殖技術，並將此技術轉移至蠶蜂業改良場，當年釋放了法拉斯捕植蟎 5 百多萬隻，釋放面積達 179.33 公頃，在苗栗、南投、嘉義均獲得明顯的防治效果，可以完全不用藥劑防治葉蟎，因而減除了蠶隻中毒機會，並且顯著增加蠶繭重，因而可達增加蠶絲產量之功，此一成果榮獲台灣省政府農業發展基金之獎勵。

六、梨樹葉蟎之生物防治

台灣梨樹害蟎種類不少，包括葉蟎 7 種，偽葉蟎 5 種，銹蟎 1 種。但其中以二點葉蟎(*Tetranychus urticae*)和歐洲葉蟎(*Panonychus ulmi*)最重要，而此二葉蟎均為入侵之種類，並且對大多數殺蟎劑均具甚高之抗藥性，為了防治此類入侵之葉蟎，除施用藥劑外，農試所引進了多種天敵，如西方捕植蟎(*Metaseiulus occidentalis*)，因不適台灣高溫高濕之氣候，未能立足；而加州捕植蟎(*Amblyseius californicus*)在室內大量繁殖情況甚佳，也表現很高的生殖能力，但在高山溫帶果園釋放，並未立足；法拉斯捕植蟎(*A. fallacis*)，不但在室內繁殖容易，並且在田間亦能立足，農試所曾於 1985 年在梨山地區(松茂)釋放法拉斯捕植蟎(約 1000 隻/株)，經 4 星期之調查，其對二點葉蟎的防治率可達 73%，而對歐洲葉蟎者則達 87%(表六)。冬季落葉之後，繼續調查地表植物，自 12 月至次年之 4 月，法拉斯捕植蟎均出現於各種雜草上，繼續捕食在雜草上的二點葉蟎，並且產卵繁衍(表七)。

表六　釋放法拉斯捕植蟎對葉蟎之防治效果(松茂，1985)
Table 6. The effect of biological control of spider mites on pear by releasing *A. fallacis* (Sungmou, 1985)

Spider mite or predator	Date of release (Oct. 8)		Oct. 16			Oct. 22			Nov. 4		
	CK (No/leaf)	TM (No/leaf)	CK	TM	% control	CK	TM	% control	CK	TM	% control
T. urticae	38.0	51.0	42.2	11.6	79.4	25.3	10.6	68.8	4.7	1.7	73.1
P. ulmi	8.8	3.5	5.6	2.4	0	8.3	1.6	51.5	3.0	0.15	87.4
A. fallacis	0	0	0.05	4.4	-	0	1.8	-	0	0.4	-
Other predators	0	0	0	0.02	-	0.45	0.15	-	0.6	0.6	-

同時並測試 16 種殺蟎劑，16 種殺菌劑及 10 種殺蟲劑對法拉斯捕植蟎之毒性，結果發現殺蟲劑對捕植蟎毒性較高，尤其是合成除蟲菊劑毒性最高，殺蟎劑之毒性中等，而殺菌劑均屬安全，故應可供擬訂綜合防治模式之依據。

表七　法拉斯捕植蟎於松茂梨園越冬立足調查

Table 7. Establishment of *A. fallacis* in the winter time (Sungmou, 1985-86)

Date	Weed	No. of *A. fallacis*	No. of *T. urticae*
X-8-'85	(Releasing *A. fallacis* to a pear orchard)		
XII-2-'85	*Trifolium pratense* L. (三葉草)	0.05/plant	1.75/plant
II-24-'86	*Duchesnea chysantha* Miqu (蛇莓)	0.52/leaf	9.24/ leaf
III-24-'86	*Duchesnea chysantha* Miqu	0.09/ leaf	16.71/ leaf
	Ixeris laevigata (BL.) (刀傷草)	0.33/ leaf	5.78/ leaf
IV-21-'86	*Duchesnea chysantha* Miqu.	0.53/ leaf	15.03/ leaf
	Clinopodium confine O. Kuntze (蔬花光風輪)	0.68/ leaf	72.31/plant

七、草莓葉蟎生物防治

台灣草莓害蟎記錄有 7 種，但其中以二點葉蟎(*T. urticae*)和神澤氏葉蟎(*T. kanzawai*)最爲重要。農試所曾進行多年草莓葉蟎之生態研究，進而於 1981 年進行了一連串的生物防治之試驗。早先是利用本土的溫氏捕植蟎(*A. womersleyi*)於台中進行對草莓神澤氏葉蟎之防治試驗，在葉蟎密度達 200 隻/葉時分別釋放 2、5、10、20 隻/株之溫氏捕植蟎，在進行約 1 個月，即達明顯之防治效果，高釋放量之效果尤佳，此一試驗已證明本土天敵一溫氏捕植蟎對本土之神澤葉蟎確具有防治之功效，但同年在苗栗進行草莓二點葉蟎之生物防治，效果甚不理想，經室內不同密度之二點葉蟎與神澤氏葉蟎對溫氏捕植蟎之捕食能力之比較，試驗證明葉蟎密度高造成對捕植蟎之捕食有較高之干擾，而食餌蟎之偏好，亦爲主要原因。因而農試所先後自美國引進加州捕植蟎(*A. californicus*)，法拉斯捕植蟎(*A. fallacis*)及智利捕植蟎(*Phytoseiulus persimilis*)，試驗證明，加州捕植蟎不能在苗栗地區立足，而法拉斯捕植蟎和智利捕植蟎則證明可在苗栗地區立足。農試所隨即發展一套以生物防治爲主軸的綜合防治草莓之病蟲害模式，即在草莓之生育期至開花期之前，可以施用化學藥劑防治各類病蟲害，但至草莓一旦開花，即應全面停止化學藥劑施用，當葉蟎密度達 2 隻/小葉時或 30%之取樣葉片已被寄生時，即以 10 隻/株之量釋放法拉斯捕植蟎或智利捕植蟎，但如發現捕植蟎無法有效壓抑葉蟎時，即應施以選擇性殺蟎劑或增加捕植蟎之釋放量。經過三年的試驗，證明此法甚爲理想，可增加草莓果實之品質和產量。

近年來，本所將草蛉大量繁殖技術轉移至蠶蜂業改良場，該場亦將草蛉幼蟲釋放於草莓，對二點葉蟎亦有防治之成效，由於減少施藥，使田間蜜蜂數量明顯增加，授粉正常，提高了優等果品之比率，增加農民收益。

八、木瓜葉蟎生物防治

經調查木瓜之葉蟎種類主要者爲神澤氏葉蟎(*T. kanzawai*)，其次爲柑橘葉蟎(*P. citri*)，皮爾斯氏葉蟎(*T. piercei*)和赤葉蟎(*T. cinnabarinus*)，故以神澤氏葉蟎爲防治之對象，據觀察木瓜對神澤氏葉蟎之爲害極爲敏感，通常葉蟎先自掌狀葉基部沿放射狀葉脈兩側爲害，被害葉表初成灰白色瘤狀突起，逐漸因水份及養液傳導受阻以致枯死而成破孔，終至全葉黃化而脫落，更有甚者，木瓜對殺蟎劑亦極爲敏感，施藥後常產生嚴重之藥害，尤其在網罩內栽培之木瓜更爲顯著。故運用生物防治木瓜葉蟎應爲必然之趨勢。

農試所與鳳山分所於 1991 至 1992 年間合作從事網罩木瓜之葉蟎生物防治試驗，利用引進之法拉斯捕植蟎(*A. fallacis*)和智利捕植蟎(*P. persimilis*)進行田間試驗，首先測定釋放捕植蟎之位置，即分別釋放於最下層之第 1 葉片，中層的第 10 葉片及上層第 20 葉片，而上層葉片甚少被害，且捕植蟎均有向上分散遷移之習性，因此選擇釋放點以最下層之葉片爲重。隨即進行兩次網罩栽培木瓜葉蟎之生物防治試驗及示範，分別以法拉斯捕植蟎和智利捕植蟎釋放各以 500、1000、1500 隻 1 株之釋放量，結果在各不同釋放天敵區效果均甚顯著，但三處理間無顯著差異，但初期之成效以智利捕植蟎釋放區者較佳，故二種捕植蟎在 500 隻/株的釋放量應足可抑制葉蟎之危害。天敵釋放區，神澤氏葉蟎密度隨之大幅下降，並且與藥劑防治區比較反爲更優，並且在施藥區，木瓜葉片多發生藥害，造成雙重之損失。因此曾就工資、水電費、油脂、消耗材料、溫網室折舊維修等比較網罩栽培木瓜葉蟎生物防治與藥劑防治之每株成本，計算結果，生物防治區每株木瓜之成本爲 15 元，而藥劑防治之成本爲 22.4 元，此一防治成本評估尚未將木瓜產量及品質提高計算在內，顯示木瓜葉蟎生物防治可行性極高。

農試所曾於 1988-89 年於台中霧峰進行露地栽培木瓜葉蟎之防治試驗，於 8 月 9 日當葉蟎密度達 1,141 隻/葉時，即約以 1/25 之比每株釋放法拉斯捕植蟎 1000 隻，至 10 月 18 日再釋放一次，可有效壓抑葉蟎之密度上升達 6 個月之久。捕植蟎與葉蟎完全呈現同步狀態，此試驗也證明引進之法拉斯捕植蟎，確可有效防治木瓜上的葉蟎。

近年來蠶蜂場獲得農試所之草蛉大量繁殖技術，將此飼養技術訓練農民由農民自行繁殖，釋放於木瓜園防治葉蟎成效可觀，並舉辦田間觀摩會。釋放草蛉幼蟲防治木瓜葉蟎，僅能利用此釋放之幼蟲一代，幼蟲化蛹，羽化爲成蟲，因無成蟲食餌(如蜜露或花蜜，木瓜花蜜草蛉不能利用)，因此不能產卵繁衍下代。這是草蛉不如捕植蟎之處，草蛉需要多次釋放方能有效壓抑葉蟎之危害。

台灣尚需發展生物防治之作物和害蟲

一、梨圓介殼蟲(*Pseudaulacaspis pentagona*)

此介殼蟲亦名桃白介殼蟲或桑白介殼蟲，故此介殼蟲除了爲害梨、桃、桑外，尚可爲害許多種果樹及觀賞植物，爲台灣重要害蟲。義大利曾於 1905 年自美國引進寄生蜂(*Prospaltella berlesei*)防治桑樹此種介殼蟲，效果良好；百慕達於 1924 年自義大利引進寄生蜂(*Aphytis diapidis*)，防治夾竹桃上的此介殼蟲，具有部份防治效果；波多黎哥於 1938 年自古巴引進瓢蟲(*Chilocorus cacti*)防治桑及木瓜上的此種介殼蟲，效果顯著，台灣應可考慮引進上述之各種天敵。

二、可可椰子介殼蟲(*Aspidiotus destructor*)

此介殼蟲爲害可可椰子甚爲普遍嚴重，亦爲害柑橘類的柚子，採行生物防治應爲可行之道。非吉於 1928 年自千里達引進捕食性天敵(*Cryptognatha nodiceps*)，達到完全防治成功；巴里島(Bali)於 1934 年自印尼引進寄生蜂(*Aspidiotiphagus citrinus*)，防治效果顯著；摩利求於 1937 年自印尼引瓢蟲(*Chilocorus politus*)，1939 年再自史利蘭卡引進瓢蟲(*C. nigritus*)，均達完全防治效果；西非於 1955 年自千里達引進瓢蟲(*C. nodiceps*)防治介殼蟲亦完全成功。

三、榕樹薊馬(*Gynaikethrips uzeli*)

此薊馬在台灣榕樹上極爲普遍，並未記錄有任何天敵可予防治，但據文獻記載，其同屬之另一種薊馬，名之爲古巴月桂薊馬(*G. ficorum*)，此薊馬原分布於地中海地區，北、中、南美洲之熱帶和亞熱帶地區，西印度群島及菲律賓。夏威夷於 1964 年首先發現此害蟲，榕樹爲其最愛好的寄主，也可爲害一些常綠植物及柑橘類，且對公園觀賞植物，行道樹危害甚爲嚴重，常使嫩葉嚴重落葉。當時夏威夷即從自美國亞利桑那州引進小黑花椿象(*Orius tristicolor*)，但並未立足，1964 年又自菲律賓引進另一小黑花椿象(*Montandoniola moraguesi*)，分別釋放於 Oaku 及 Kauai 二島，很快即在此二島上立足，次年並擴展至其他各島，如 Maui、Molokai 及 Hawaii 諸島(這些島嶼並未釋放此天敵)，可見已發揮了生物防治之效果。在美國加州釋放此天敵，並未立足。台灣榕樹上之同屬不同種之薊馬，亦應嘗試自夏威夷或菲律賓引進此天敵，或可達意想不到的成效。

四、茶捲葉蛾(*Homona magnanima*)

茶捲葉蛾爲台灣茶樹上重要害蟲，雖曾進行赤眼卵蜂及性費洛蒙之誘殺等非農藥防治，但仍未能有效防治此害蟲，此蟲除爲害茶樹外，亦爲害柑橘、龍眼、茄冬等作物，重要性頗高，宜採行生物防治予以有效抑制爲上策。據文獻記載，在史利蘭卡曾嚴重發生茶捲葉蛾(*Homona coffearia*)之危害，曾於 1935-36 年間自印尼引進寄生蜂(*Macrocentrus homone*)，達到完全防治之成果，台灣的茶捲葉蛾爲同屬不同種，但其習性應極相似，應可自印尼引進此寄生蜂嘗試，或可有意外之收穫。

五、膠蟲(*Kerria lacca*)

膠蟲是熱帶果樹的大害蟲，爲日據時期人爲引入的外來害蟲，據調查在台灣的天敵種類甚少，也未能發揮任何抑制的功能，藥劑防治甚爲困難。生物防治應爲唯一的選擇。據報導此蟲在中國廣東，可利用臘蛾(*Eublemama amabilis*)防治，但此臘蛾之引進，必須經過詳細評估，是否對養蜂業造成傷害，因此除考慮此臘蛾外，應至各原產地調查其最有效之天敵予以引進，才是正途。

六、松斑天牛(*Monochamus alternatus*)

松斑天牛是森林大害蟲，因其可傳播松材線蟲使松樹致生線蟲病而逐漸枯萎而死，在台灣，日本和美國都是極重要的病害，因此天牛是傳播媒介，如能有效防治松斑天牛，此病便可獲得根本的解決，據報告記載在中國大陸曾利用一種繭蜂(*Ontsira palliatus*)防治此天牛，且有顯著成效，我們可以設法予以引進，當然國際間的合作研究及天敵之交換應爲今後發展的方向。

七、銀葉粉蝨(*Bemisia argentifolii*)

銀葉粉蝨為台灣最重要的害蟲之一，危害作物種類極為廣泛，並且可傳播多種作物的病毒病，藥劑防治困難，極易誘發抗藥性，雖然在田間其天敵種類甚多，包括草蛉、瓢蟲、癭蠅、椿象、蚜小蜂之捕食和寄生，但因頻繁施用殺蟲劑，天敵甚難立足發揮抑制的功效。故應減少用藥或選擇施用對天敵較安全的藥劑，可使天敵在田間有立足機會，才能發揮抑制粉蝨密度的效果，故應建立一綜合管理此害蟲之模式，進而藉國際合作機會引進更有效之天敵或其他防治技術，以達到有效抑制銀葉粉蝨之目標。

結　語

台灣位居亞熱帶和熱帶地區，中央高峻，將台灣之氣候又垂直區分為熱帶、亞熱帶、溫帶，因此植物相甚為複雜，害蟲和益蟲種類繁多，害蟲之防治工作亦較繁雜，過去三十年間在試驗研究人員辛勤耕耘下，已經獲致豐碩成果，此一系列的成就，正表示台灣作物害蟲生物防治仍有足夠的空間可供發揮，值此邁入廿一世紀的時刻，回顧過去，策勵未來，寄望生物防治工作能受到更多的重視與支持，尤其面對此生態保育及重視環保的新時代，農業的永續發展，更有賴生物防治之廣泛應用。

引用文獻

Chang, L. C. 1974. Toxicity of insecticides to the parasitoid, *Apanteles plutellae* of diamondback moth. J. Agric. Res. Inst. China 23(2): 143-148 (in Chinese)

Chen, B. H. and K. C. Lo. 1991. Biological control of insect and mite pests in Taiwan. Chinese J. Entomol., Special Publ. 7:127-136. (in Chinese)

Chen, B. H. and J. Z. Yu. 1996. Effect of releasing *Trichogramma embryophagum* (Hymenoptera: Pyralidae) in Taiwan. J. Agric. Res. China 45(4): 401-410. (in Chinese)

Chen, B. H. and S. C. Chiu. 1979. The annual occurrence of *Lycosa* and *Oedothorax* spiders and their response to insecticides. J. Agric. Res. China 28(4): 285-290. (in Chinese)

Chen, C. C. and S. C. Chiu. 1985. Ecological studies on an egg parasitoid, *Trichogramma chilonis* with special reference to ovipositional habits. J. Agric. Res. China 34(2): 207-212. (in Chinese)

Chen, C. C and S. C. Chiu. 1986. Studies on the field releases of *Trichogramma chilonis* and the factors affect its activity. J. Agric. Res. China 35(1): 99-106. (in Chinese)

Chen, C. C and S. C. Chiu. 1983. A survey on natural enemies of the rice leaf roller in Taiwan. J. Agric. Res. China 32(3): 286-291. (in Chinese)

Cheng, M. F. and C. C. Yeh. 1992. Effect of temperature on the development and reproduction of *Aphanostigma piri* (Cholodkovsky), Chinese J. Entomol. 12: 73-80. (in Chinese)

Cheng, W. Y. 1984. Research on *Trichogramma chilonis* Ishii and its utilization for the control of sugar cane borer in Taiwan. Proc. Symp. on "Biological control of crop pests" at TARI 41-58.

Chiang, H. S. 1988. Bionomics and control of banana skipper, *Erionota totus* Evans, in Taiwan. Chinese

J. Entomol., Special Publ. 2: 167- 174. (in Chinese)

Chien, C. C. 1999. Ocurrence and control of spiraling whitefly. Sustainable Agriculture 11: 15-25. (in Chinese)

Chien, C. C., L. Y. Chou, and S. C. Chiu. 1984. Biology and natural enemies of *Hedylepta indicata* in Taiwan. J. Agric. Res. China 33(2): 181-189. (in Chinese)

Chien, C. C., S. C. Chiu and S. C. Ku. 1988. Biological control of citrus psylla, *Diaphorina citri* 1. The introduction, augmentation and release of *Tamarixia radiata.* J. Agric. Res. China 37(4): 430-439. (in Chinese)

Chiu, S. C. 1966. Biological control of agricultural pests in Taiwan. Studies on Plant Protection-Entomology from 1940 to 1965. 11-22. (in Chinese)

Chiu, S. C. and B. H. Chen. 1985. Importation and establishment of *Tetrastichus brontispae* a parasitoid of the coconut beetle in Taiwan. A review of the biological control of crop pests in Taiwan 12-13.

Chiu, S. C. and C. C. Chen. 1984. Biological control of the Asian corn borer in Taiwan. Proc. Symp. on "Biological control of crop pests " at TARI 23-30.

Chiu, S. C. and C. H. Cheng. 1976. Toxicity of some insecticides commonly used for rice insect control to the predator of rice-hoppers. Plant Prot. Bull. 18(3): 254-260. (in Chinese)

Chiu, S. C. and C. C. Chien. 1972. Observation on *Apanteles plutellae* Kurdjumov, a larval parasite of diamond-back moth (*Plutella xylostella* Linnaeus). Plant Prot. Bull. 14(4): 146-152. (in Chinese)

Chiu, S. C. and L. Y. Chou. 1976. Hymenopterous parasitoids of *Spodoptera litura* Fab. J. Agric. Res. China 25(3): 227-241. (in Chinese)

Chiu, S. C., L. Y. Chou, and K. C. Chou. 1981. A preliminary survey on the natural enemies of *Kerria lacea* (Kerr) in Taiwan. J. Agric. Res. China 30(4): 420-425. (in Chinese)

Chiu, S. C., L. Y. Chou, K. C. Chou, and Y. I. Chu. 1985. Survey of the natural enemies of the lac insect, *Kerria lacca* in Taiwan. Review of the biological control of crop pests in Taiwan (1981-1984) 9-11.

Chiu, S. C., L. Y. Chou, and W. J. Wu. 1978. Preliminary report on the parasitoids of lepidopterous insects of sweet-potato in Taiwan. J. Agric. Res. China 27(1): 61-66. (in Chinese)

Chiu, S. C., K. C. Lo, C. C. Chien, and C. F. Chen. 1985. Biological control of citrus pests in Taiwan. A review of the biological control of crop pests in Taiwan (1981-1984)1-8.

Chiu, S. C., P. Y. Lai, B. H. Chen, Z. C. Chen, and J. F. Shiau. 1985. Introduction propagation and liberation of a pupal parasitoid, *Tetrastichus brontispae*, for the control of the coconut leaf beetle in Taiwan. J. Agric. Res. China 34(2): 213-221. (in Chinese)

Chiu, S. C., Z. C. Chen, L. Y. Chou, K. C. Chou, and C. M. Chen. 1988. Biological control of coconut leaf beetle in Taiwan. J. Agric. Res. China 37(2): 211-219. (in Chinese)

Chu, Y. I. and C. T. Wang. 1972. Studies on the *Lycosa pseudoannulata* (Boesenberg et Strand) (Araneae: Lycosidae). Plant Prot. Bull. 14(4): 169-174. (in Chinese)

Chu, Y. I., D. S. Lin, and T. Mu. 1976. Relative toxicity of 9 insecticides against rice insect pests and their predators. Plant Prot . Bull. 18: 369-376. (in Chinese)

Clausen, C. P., et al. 1978. Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: a world review. U.S. Dept. Agric., Agric Handbook No.480, 545 pp.

DeBach, P. and E. I. Schlinger. 1964. Biological control of insect pests and weeds. Chapman and Hall LTD.11 New Fetter Lame London E. C. 4. 844pp.

Dent, D. 1991. Insect pest management. CAB International Walling Fold Oxon OX 108DE UK 604pp.

Hao, H. H., H. L. Wang, W. T. Lee, and K. C. Lo. 1996. Studies on biological control of spider mites on papaya. J. Agric. Res. China 45(4): 411-421. (in Chinese)

Ho, C. C. 1990. Within-plant distribution of *Tetranychus kanzawai* Kishida on mulberry. Chinese J. Entomol. 10: 191-199. (in Chinese)

Ho, C. C. 1988. An introduction to the exotic mite pests in Taiwan. Chinese J. Entomol., Special Publ. 2: 155-166. (in Chinese)

Ho, C. C. and K. C. Lo. 1979. Influence of temperature on life history and population parameters of *Tetranychus urticae*. J. Agric. Res. China 28(4): 261-271. (in Chinese)

Ho, C. C., S. C. Hwang, and S. H. Wang. 1989. Effect of the infestation of *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae) on the silk production of the silkworm, *Bombyx mori* (L.) (Lepidoptera: Bombycidae). Chinese J. Entomol. 9(2): 203-209. (in Chinese)

Hoy, M. A., A. Jeyaprakash, R. Morakote, P. K. C. Lo, and R. Nguyen. 2000. Genomic analyses of two populations of *Ageniaspis citricola* (Hymenoptera: Encyrtidae) suggest that a cryptic species may exist. Biological control 17: 1-10.

Hu, C. C. 1966. Insect pests of tea in Taiwan. Studies on Plant Protection-Entomology from 1940 to 1965. 257-275. (in Chinese)

Kao, C. H., Y. Cheng, and W. Y. Su. 1999. Parasitic wasps of diamond-back moth. Taiwan. Agric. Res. Inst., Spec. Publ. 80:49-56. (in Chinese)

Lee, W. T. 1999. Green lacewing-rearing and application. Taiwan Agric. Res. Inst., Spec. Publ. 80: 11-16. (in Chinese)

Lee, W. T. 1994. Technical development of microencapsulated astificial diets for *Mallada basalis* Walker. Chinese J. Entomol. 14: 47-52. (in Chinese)

Lee, W. T. 1995. Technical improvements for group-rearing larvae of *Mallada basalis* (Walker) (Neuroptera: Chrysopidae). Chinese J. Entomol. 15: 11-17. (in Chinese)

Lee, W. T. 1988. Natural enemy of spider mites-Introduction of mass-production of predatory mites. Agric. Science 124: 19-21. (in Chinese)

Lee, C. Y., and K. C. Lo. 1999. Mass rearing of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). Chinese J. Entomol., Special Publ. 12: 151-159. (in Chinese)

Lee, W. T. and K. C. Lo. 1989. Integrated control of two-spotted spider mite on strawberry in Taiwan. Chinese J. Entomol., Special Publ. 3: 125-137. (in Chinese)

Lee, W. T., C. C. Ho. and K. C. Lo. 1990. Mass production of phytoseiids: 1. Evaluation on eight host plants for the mass rearing of *Tetranychus urticae* Koch and *T. kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae). J. Agric. Res. China 39(2): 121-132. (in Chinese)

Lin, F. C. 1999. *Eretmocerus orientalis* Silvestri as a role in the integrated control of silver leaf whitefly. Sustainable Agriculture 11: 26-29. (in Chinese)

Lin, F. C. 1999. *Eretmocerus* wasp. Taiwan Agric. Res. Inst., Spec. Publ. 80: 43-48. (in Chinese)

Lo, K. C. 1999. Phytoseiids. Taiwan Agric. Res. Inst., Spec. Publ. 80: 25-34. (in Chinese)

Lo, K. C. 1997. Biological control of agricultural pests-a review and prospection. Plant Prot. Bull. 39: 85-110. (in Chinese)

Lo, K. C. 1997. Use of predators and prospect of controlling agricultural pests in Taiwan. Chinese J. Entomol., Special Publ. 10: 57-65. (in Chinese)

Lo, K. C. 1984. The role of a native phytoseiid mite, *Amblyseius longispinosus* (Evans) in the biological control of two spider mites on strawberry in Taiwan. Acarology VI 2: 703-709.

Lo, K. C. 1984. Present status of biological control of mite pests in Taiwan. Proc. Symp. Biol. Cont. Crop Pests, TARI, 1984: 31-39.

Lo, K. C. 1988. Integrated mite pests management of fruit trees in Taiwan. Chinese J. Entomol., Special Publ. 2: 61-70. (in Chinese)

Lo, K. C. 1989. Biology and ecology of tetranychid mites and their control. Chinese J. Entomol., Special Publ. 3:79-91. (in Chinese)

Lo, K. C. and R. S. Chao. 1975. Preliminary study on toxicity of 23 pesticides to natural enemies of red spider mites. J. Agric. Assoc. China, New series 92:81-86.

Lo, K. C. and C. N. Chen. 1995. Recent progress in the biological control of crop pest in Taiwan. Plant Prot. Bull. 37: 357-380. (in Chinese)

Lo, K. C. and C. C. Ho. 1979. Influence of temperature on life history, predation and population parameters of *Amblyseius longispinosus* (Acarina: Phytoseiidae). J. Agric. Res. China 28(4): 237-250. (in Chinese)

Lo, K. C., C. C. Ho, and H. K. Tseng. 1984. An ecological study of spider mites on strawberry in Taiwan. J. Agric. Res. China 33(3) 337-344. (in Chinese)

Lo, K. C. and C. C. Tao. 1966. The natural enemies of *Nipaecoccus filamentosus* (Cockerell) in Taiwan. J. Agric. Res. China 15(4): 53-56. (in Chinese)

Lo, K. C. and C. C. Tao. 1966. The natural enemies of *Icerya purchasi* Maskell in Taiwan. J. Agric. Res. China 15(3): 52-54. (in Chinese)

Lo, K. C., C. C. Ho, T. K. Wu, and S. R. Lin. 1986. Studies on population dynamics and integrated control of spider mites on pear in temperate zone of Taiwan. Agric. Assoc. China, Taipei, Taiwan, China 1986: 98-111. (in Chinese)

Lo, K. C. and S. C. Chiu. 1986. The Illustrations of citrus insect pests and their natural enemies in Taiwan. J. Agric. Res. China, Special Publ. 20: 75pp. (in Chinese)

Lo, K. C., H. K. Tseng, and C. C. Ho. 1984. Biological control of spider mites on strawberry in Taiwan(I). J. Agric. Res. China 33(4): 406-416. (in Chinese)

Lo, K. C., W. T. Lee, T. K. Wu, and C. C. Ho. 1990. Use of predators to control spider mites (Acarina: Tetranychidae) in the Republic of China on Taiwan. Proc. Intern. Seminar "The use of parasites and predators to control agricultural pests" FFTC Book series No.40: 166-178.

Olkowski, W. 1989. Biological control: a century of success. IPM Practitioner 11(1): 1-2.

Olkowski, W. 1989. Biological control of pests succeeds in large scale agriculture. IPM Practitioner 11(3): 12-19.

Olkowski, W., E. Dietrick, and H. Olkowski. 1992. The biological control industry in the United States. BIRC 18pp.

Pan, Y. S. 1966. Insect pest of sugarcane in Taiwan. Studies on Plant Protection-Entomology from 1940 to 1965. 235-241. (in Chinese)

Shih, T. C. I. 1984. Field evaluation of five species of *Amblyseius* on *Tetranychus kanzawai*. p.710-716. In D. A. Giffiths and C. E. Browman eds. Acarology IV Vol. Z. John Wiley & Sons, Chichester, England.

Shih, T. C. I. 1985. Biological control of mulberry spider mite, *Tetranychus kanzawai* with augmentation of *Amblyseius womersleyi*. A review of the biological of crop pests in Taiwan. 21-27.

Talekar, N. S., C. J. Yang, M. Y. Lin, and P. C. Ong. 1990. Use of parasitoids to control the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). The use of natural enemies to control agricultural pests. FFTC Book series No.40: 106-114.

Tao, C. C. 1966. Insect pests of citrus in Taiwan. Studies on Plant Protection-Entomology from 1940 to 1965. 137-188. (in Chinese)

Tao, C. C. and S. C. Chiu. 1971. Biological control of citrus,vegetables and tobacco aphids. Taiwan Agric. Res. Inst., Spec. Publ. 10:1-110.

Tseng, C. T. 1990. Use of *Trichogramma ostriniae* (Hym.: Trichogrammatidae), to control the oriental corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Lep.: Pyralidae), in the Republic of China on Taiwan. The use of natural enemies to control agricultural pests. FFTC Book series No.40: 115-123.

Waite, G. K. 1988. Integrated control of *Tetranychus urticae* in strawberries in southeast Queensland. Exp. & Appl. Acarol. 5: 23-32.

Wang, C. L. 1988. The newly invaded insect pests on horticultural craps in Taiwan. Chinese J. Entomol., Special Publ. 2: 145-153. (in Chinese)

Wang, C. L. 1999. *Orius* flower bug. Taiwan Agric. Res. Inst., Spec. Publ. 80: 17-24. (in Chinese)

Wang, C. L., F. C. Lin, and Y. I. Chu. 1988. The greenhouse whitefly found in Taiwan. Plant Prot. Bull. 30: 404-406. (in Chinese)

Wang, W. X. 1988. Use of *Ontsira palliatus* (Hym: Braconidae) to control pine sawyer, *Monochamus alternatus* (Col.: Cerambycidae). Chinese J. Biological control 4(1): 18-20. (in Chinese)

Wu, K. C. and K. C. Lo. 1979. A new record spider mite, *Panonychus ulmi* (Koch) (Acarina:

Tetranychidae) from Taiwan. J. Agric. Res. China 28(2): 125-126. (in Chinese)

Wu, T. K. 1992. Feasibility of controlling citrus red spider mite, *Panonychus citri* (Acarina: Tetranychidae) by green lacewing, *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae). Chinese J. Entomol. 12: 81-89. (in Chinese)

Wu, T. K. 1993. An improved method to rear and collect the rice moth, *Corcyra cephalonica* Stainton (Lepidoptera: Pyralidae). Chinese J. Entomol. 13: 9-15. (in Chinese)

Wu, T. K. and K. C. Lo. 1988. Comparative toxicity of some pesticides against phytophagous mite, *Panonychus citri* (Acarina: Tetranychidae), green lacewing, *Chrysopa boninensis* (Neuroptera: Chrysopidae) and Chrysopid egg parasitoid, *Telenomus ampullaceus* (Hymenoptera: Scelionidae). Plant Prot. Bull. 30: 371-378. (in Chinese)

Wu, T. K. and K. C. Lo. 1988. Integrated control of insect and mite pests on citrus. Chinese J. Entomol., Special Publ. 2: 1-10. (in Chinese)

Wu, T. K., S. R. Lin, and K. C. Lo. 1985. Selectivity of acaricides to two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch and the predatory mite, *Amblyseius californicus* (MeGregor). J. Agric. Res. China 34(4): 469-476. (in Chinese)

Xia, B. C., Y. Zhang, and B. Y. Shen. 1986. Biology of *Chilocorus kuwanae* and its control of coccids in the field. Chinese J. Biological Control 2(2): 70-74. (in Chinese)

Biological Control of Insect and Mite Pests on Crops in Taiwan – a Review and Prospection

Kang-Chen Lo

Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute,
Council of Agriculture, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

This paper described recent progress made in the past 30 years in the biological control of crop pests in Taiwan, including survey and identification of natural enemies, conservation and augmentation of the indigenous natural enemies, the introduction of exotic parasitoids and predators, mass-production of natural enemies and selection of crops, target pests and their natural enemies that should be introduced for biological control in the future.

Key words: biological control, crops, conservation and augmentation, target pests, introduction of natural enemies, mass-production